

## INTEGRAÇÃO DE DISCIPLINAS INTRODUTÓRIAS NO CICLO BÁSICO DE UM CURSO DE ENGENHARIA

**Leila Maria Castro Vilela** – [leilav@dctc.puc-rio.br](mailto:leilav@dctc.puc-rio.br)

**Maria Matos** - [maria.matos@fis.puc-rio.br](mailto:maria.matos@fis.puc-rio.br)

**Reinaldo Calixto de Campos** – [rccampos@rdc.puc-rio.br](mailto:rccampos@rdc.puc-rio.br)

Pontifícia Universidade Católica – Rio de Janeiro

Centro Técnico Científico

Rua Marquês de São Vicente, 225 – sala L251

CEP 22453-900 – Rio de Janeiro - RJ

***Resumo:** Este trabalho relata os resultados preliminares de uma experiência no ensino integrado de disciplinas de primeiro período de Física, Cálculo e Informática do Centro Técnico Científico da PUC-RJ. Pesquisas recentes indicam que uma análise do panorama atual do ensino da engenharia no Brasil permite detectar alguns aspectos relevantes: estrutura curricular segmentada, inadequada a uma visão holística da aprendizagem, associada a um modelo de ensino/aprendizagem mecanicista e centrado no professor, trazendo como conseqüência a falta de motivação do alunato, reprovações sucessivas e evasão. A proposta apresentada neste trabalho pressupõem a revisão deste modelo, com os seguintes objetivos: apresentar ao aluno uma visão integrada da linguagem científica com suas aplicações; melhorar a preparação do aluno para o curso de Engenharia através de uma visão integrada das ciências básicas; preparar professores para uma mudança de metodologia de ensino que se pretende atingir no futuro, de forma muito mais integrada do que ocorre atualmente; partilhar conhecimento e experiência de ensino entre professores de áreas distintas; explorar tecnologia de ensino mais atualizada, por exemplo, envolvendo programas de matemática simbólica e técnicas de visualização que atualmente estão disponíveis e são pouco utilizados, introduzir o laboratório de física voltado para o aprendizado dos conceitos científicos fundamentais.*

***Palavras-chave:** Integração curricular, aprendizagem colaborativa, metodologia ensino-aprendizagem integrada, software Maple.*

### 1 INTRODUÇÃO

Atualmente diversas pesquisas relacionados aos fatores que favorecem a aprendizagem apontam a integração curricular como uma proposta a ser incentivada. No ensino de Engenharia, espera-se que os alunos venham a ser capazes de transferir e aplicar sua compreensão conceitual em situações novas. Entretanto, transferir conhecimento de um contexto e aplicá-lo a uma situação diferente é uma tarefa desafiadora. Para tanto, é preciso dar oportunidade aos estudantes de estender ativamente suas redes cognitivas e construir novas para apreender novos conhecimentos. Um caminho facilitador para assimilação de uma nova informação, é a apresentação simultânea de tópicos de diferentes cursos e o relacionamento entre eles. O conhecimento ensinado em somente um único contexto dificulta

mais a transferência, do que quando o conhecimento é ensinado em contextos múltiplos, onde os estudantes adquirem as características relevantes para abstrair os conceitos e desenvolver uma representação do conhecimento mais flexível ( Piaget (NICOLAS, 1978), BRUNNER (1976)).

A teoria de Ausubel descreve como o estudante adquire conceitos e como organiza sua estrutura cognitiva. Segundo ele, o aprendizado significativo acontece quando uma informação nova é adquirida mediante um esforço deliberado por parte do aprendiz em ligar a informação nova com conceitos ou proposições relevantes preexistentes em sua estrutura cognitiva. (AUSUBEL et al., 1978). O principal no processo de ensino é que a aprendizagem seja significativa. Isto é, o material a ser apreendido precisa fazer sentido para o aluno. Isto acontece quando a nova informação “ancora-se” nos conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

No trabalho de MCKENNA et al (2001), 70 estudantes de engenharia mecânica foram entrevistados sobre suas experiências de aprendizagem dentro da faculdade. Dos 70 estudantes entrevistados, 60% comentou o benefício de relacionar os conceitos através das disciplinas, e 70% confirmou o benefício de apresentar aplicações dos conceitos assim que estes eram apresentados e discutidos. Professores do ciclo profissional do curso de engenharia constataram que, para que os alunos transferissem adequadamente os conhecimentos nesta etapa do curso, era essencial que eles tivessem desenvolvido esta habilidade nos cursos básicos de matemática e física.

Existem também várias experiências positivas, envolvendo o ensino integrado de Física, Matemática e Informática como a exposta no trabalho de DENARDI et al (2001), onde é utilizado como ferramenta para a integração o software *Maple*. Afirmam que sua flexibilidade e ampla biblioteca de funções, facilita cálculos e manipulações algébricas complicados, possibilitando que novas práticas de interpretação e de aprendizagem autônoma possam ser experimentadas, auxiliando no desenvolvimento da capacidade do indivíduo raciocinar diante de situações que envolvam a resolução de problemas expressos matematicamente.

Outros trabalhos, como IZATT et al (1995), sugerem a integração entre os cursos básicos e o curso profissional. A maioria dos cursos de engenharia não promove esta ligação, havendo pouca ou nenhuma interação entre os professores dos departamentos de engenharia e seus colegas dos departamentos de ciências básicas. Sem exemplos de aplicação dos novos conhecimentos que estão sendo transmitidos, os alunos não se motivam a aprender, e como consequência os cursos de engenharia perdem muitos alunos em seus primeiros anos.

## **2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA**

Já há mais de dez anos, o Centro Técnico Científico da PUC-Rio (CTC), tem implementado medidas, visando a melhoria do ensino em seus cursos, principalmente para os calouros. Uma dessas medidas foi adotar a matrícula diferenciada para alunos que, no exame vestibular, tivessem obtido desempenho considerado insuficiente, nas provas de Matemática e de Física. Neste sentido, foi inicialmente criada, em 1994, a disciplina “Introdução ao Cálculo”, cujo objetivo era preparar os alunos para o estudo do cálculo diferencial e integral a uma variável, desenvolvendo a capacidade de raciocínio lógico e de compreensão de textos matemáticos. Esta disciplina iria compor um curso híbrido que, em conjunto com a também nova disciplina Cálculo A, iria contemplar a ementa de Cálculo I, diluído em 2 semestres. Com objetivos semelhantes criou-se, em 1999, a disciplina “Física Introdutória”, e passaram então as disciplinas introdutórias de Cálculo e Física a fazer parte do currículo obrigatório dos alunos ingressantes de baixo desempenho no vestibular.

Apesar da criação do curso híbrido de Cálculo (Introdução ao Cálculo + Cálculo A) e da disciplina Física Introdutória terem ambos apresentado resultados positivos, refletindo-se inclusive em queda de evasão, não foram eliminados todos os problemas.

Outro fator determinante para o projeto foi o baixo percentual de aprovação do curso de Física A, subsequente ao de Física Introdutória, quando comparado as demais disciplinas. Em média, o percentual de aprovação dos cursos do CB encontra-se em torno de 60%, enquanto que neste a média em períodos ímpares atingia apenas 30% de aprovação.

Passou-se então a um outro estágio, procurando coordenar os esforços de professores e alunos, de modo que essas disciplinas funcionassem, tanto do ponto de vista de seus conceitos e ementas quanto de sua metodologia, de forma integrada. Essa experiência foi realizada em 2005 e 2006, e o presente trabalho expõe os seus resultados.

### **3 HISTÓRICO DO PROJETO**

Em 2004.1, um projeto piloto foi desenvolvido no Ciclo Básico do CTC com uma única turma, de alunos do chamado currículo 1, ou seja, alunos matriculados nas disciplinas introdutórias anteriormente citadas. Havia 30 alunos matriculados, dos quais 6 trancaram o curso antes do início das aulas, iniciando-se o projeto piloto, então, com 24 alunos, que terminaram por se tornar 20 ao final do curso. Esta fase, envolveu as disciplinas Introdução ao Cálculo, Física Introdutória e decidiu-se criar uma nova disciplina de computação, Introdução à Informática. As ementas dos cursos introdutórios, somadas àquelas dos cursos de Cálculo e Física que lhes foram imediatamente subsequentes equivaleram às ementas de Cálculo 1 e Física 1, estes cursados pelos alunos de bom desempenho no vestibular. Outra decisão da equipe foi de aumentar a carga horária de Física Introdutória, de 2 para 4 horas semanais.

O cronograma das aulas foi subdividido em três partes, separadas pelas avaliações, em cada uma das disciplinas, nos mesmos moldes do critério de avaliação adotado para disciplinas do Ciclo Básico (CB).

No segundo semestre, a turma começou com apenas 13 alunos, quais sejam, os que foram aprovados simultaneamente em Introdução ao Cálculo, Introdução à Física e Introdução à Informática. Tanto a equipe de Física A quanto a de Informática optaram por submeter os alunos participantes do projeto às mesmas avaliações realizadas nas turmas padrão. Esta decisão implicou em um semestre difícil para os alunos do projeto, dada a mudança na velocidade da aquisição dos novos conhecimentos. Consequentemente, ao longo do semestre, aconteceu um progressivo abandono do projeto por parte dos alunos. Assim o universo de amostragem final ficou bastante reduzido e, embora o aproveitamento dos alunos restantes, em geral, tenha sido bastante bom comparado aos da turma padrão, não pudemos constatar a eficiência do projeto, dadas as flutuações estatísticas geradas pelo pequeno espaço amostral. De qualquer modo, a média do grupo de alunos do projeto foi melhor ou igual do que daqueles das turmas padrão nas três disciplinas envolvidas. Assim sendo, decidiu-se pela ampliação do projeto.

Em 2005, optou-se pela realização do projeto com duas turmas, com 30 alunos cada, tendo em vista a necessidade de um universo maior de alunos, para obtenção de avaliações mais consistentes dos resultados alcançados. Viu-se também como necessária, a criação de uma nova disciplina, envolvendo matemática discreta e lógica (Introdução às Estruturas Discretas), tendo em vista que a disciplina anteriormente oferecida (Introdução à Informática) não atendeu aos objetivos do projeto. Verificou-se, ainda, a necessidade de uma revisão do conteúdo dos cursos conjugados de primeiro e segundo semestres. Foi proposta, também, a realização de avaliações integradas, envolvendo conteúdos das diferentes disciplinas.

A partir de 2006, o projeto foi estendido, sendo aplicado a todas as turmas de alunos do currículo 1.

Nas reuniões semanais da equipe participaram professores e coordenadores das disciplinas envolvidas como também coordenadores dos cursos . O projeto foi acompanhado por um especialista de Pedagogia, com o intuito de observar e relatar o desenvolvimento da experiência, especialmente em sala de aula, de modo a trazer um olhar externo e crítico à atuação da equipe e auxiliar na avaliação dos resultados do projeto.

Considerando a dificuldade de se conseguir textos didáticos adequados ao projeto, decidiu-se pela elaboração de material didático específico para cada disciplina, além de material informativo sobre o projeto. O material também ficou disponível no site do CB.

## **4 DESENVOLVIMENTO**

### **4.1 Seleção das competências a serem atingidas pelos alunos ao final do projeto**

A etapa inicial do projeto foi refletir sobre que competências, seriam desejáveis aos alunos após o primeiro ano de curso. Apesar do amplo significado da palavra, entende-se por competência a capacidade do aluno de mobilizar um conjunto de recursos (habilidades, conhecimentos e valores) frente a um determinado tipo de situação problema. Essas competências são (i) saber ler e compreender a situação problema, (ii) entender a natureza do problema, conhecendo os conceitos fundamentais das ciências básicas e reconhecendo as variáveis importantes, (iii) caracterizar a situação problema através da identificação, discriminação e relação das variáveis envolvidas, (iv) utilizar representações tais como tabelas, esquemas, gráficos, diagramas, (v) saber transformar o problema para linguagem matemática, modelar os dados, ou simplesmente matematizar a situação, (vi) resolver e conceber elaborando uma proposta de solução e (vii) refletir, construir e enunciar uma argumentação consistente para a solução proposta.

### **4.2 Seleção dos temas comuns às disciplinas**

Diversos temas foram discutidos pela equipe, tendo sido feita uma seleção de conteúdos que, se trabalhados de forma síncrona e explorando os diferentes enfoques e abordagens de cada uma das disciplinas, favoreceria um melhor entendimento destes mesmos conteúdos.

Por exemplo, na apresentação do tópico funções e gráficos, enquanto a disciplina de Cálculo discutiu o estudo do comportamento de diversos tipos de funções (funções afins, trigonométricas, exponencial, logarítmicas) e a interpretação gráfica das mesmas, na disciplina de Informática foi estudado no *Maple* a exploração destas funções e seus gráficos, enquanto que na disciplina de Física foram montadas tabelas de dados experimentais baseadas na observação e interpretação de um fenômeno no laboratório, como o movimento retilíneo oscilante, uniforme e acelerado, para em seguida, fazer a modelagem do experimento, que consiste em determinar que funções matemáticas melhor descrevem aquele fenômeno. Estes *blocos interdisciplinares* foram montados reunião a reunião com toda a equipe.

### **4.3 Metodologia de ensino-aprendizagem adotada**

A metodologia adotada envolveu as seguintes estratégias gerais:

- Construção e utilização de uma linguagem comum entre as disciplinas para designar os mesmos conceitos;
- Contextualização da aprendizagem – histórica e temporal;
- Reelaboração de conceitos do ensino médio baseado na experiência de laboratório;
- Apresentação de problemas que levem os alunos a encontrarem, por si mesmos, os conceitos envolvidos na sua modelagem e solução, sem a apresentação de fórmulas prontas (aprendizagem através da solução de problemas);

- Apresentação de problemas e experiências que trabalhem os conceitos e a base científica que os sustenta;
- Inclusão em todas as avaliações de questões que promovam a capacidade de expressão e argumentação dos alunos;
- Aulas em laboratório em todas as disciplinas envolvidas;
- Utilização de dinâmicas de aula que promovam o trabalho em equipe e expressão oral e escrita.

Estas estratégias responderam às dificuldades dos alunos, levantadas pela equipe de professores ao longo de sua experiência docente, tais como dificuldades de leitura e compreensão de textos, de responsabilizar-se pelo aprendizado e de concentração, de visão espacial, de interpretação do modelo matemático, de relacionar o mundo físico real com sua representação formal.

No que diz respeito à disciplina de Introdução à Física, as aulas foram sempre realizadas em laboratório e se basearam na observação do fenômeno como etapa inicial do aprendizado da física (*laboratório conceitual*), promovendo a ligação entre o fenômeno e o modelo matemático. A fim de levar o aluno a refletir, construir o aprendizado de um conceito e consequentemente possibilitar uma “tomada de consciência”, foi proposto que os alunos enunciassem uma argumentação sobre o novo conhecimento seja por meio de redações, exposições orais ou até mesmo através de desenhos. Em um primeiro momento não são empregadas fórmulas já conhecidas, estas são deduzidas a partir da observação do fenômeno, seguida da construção do modelo matemático. É trabalhada a complexidade do problema, como o uso de diferentes observadores e a comparação entre diferentes modelos para estudar um dado movimento. No ensino médio assim como na universidade, existe uma tendência a “simplificar” o problema para esconder dificuldades. O aluno não participa das etapas de simplificação e perde a conexão com o real. Quer-se confrontar os alunos com o real, sem simplificações. O trabalho em laboratório, obriga o aluno a lidar com essa complexidade. Por exemplo, os alunos decidem o que vão medir, e como, sabendo apenas que ao final deverão elaborar o gráfico posição-tempo.

O uso do computador nas aulas de Introdução ao Cálculo serviu para que os alunos tivessem uma crítica constante a seus cálculos, sem a intervenção do professor. Alunos foram estimulados a conferir contas (derivação, igualdades e desigualdades, gráficos) fazendo uso do software *Maple*. As provas eram feitas diante da máquina, com o uso total permitido. Muitos perderam a irritação original com o computador por perceber que se tratava de uma ferramenta que podia até corrigir partes da prova. O uso do computador também tornou possível considerar problemas de maior interesse: gráficos mais difíceis, contas puxadas, etc. Foram propostos exercícios de verbalização tais como redações em questão de prova, descrição de aula para casa, etc.

A disciplina Introdução às Estruturas Discretas utilizou recursos computacionais em pelo menos uma aula semanal, o que possibilitou perceber simbólica e graficamente diversas situações. A aprendizagem de uma linguagem de programação, no caso o *Maple*, favoreceu os alunos a se expressarem corretamente, confrontando-os com seus erros quando as informações fornecidas ao programa eram incompletas ou incorretas. Também contribuiu para desenvolver o raciocínio analítico e organizar e sistematizar o pensamento.

Foi uniformizada a apresentação de conceitos semelhantes em diferentes disciplinas tais como: conceito de vetor, algarismos significativos, derivada...

## 5 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO PROJETO

A avaliação se deu de diversas formas: acompanhamento das aulas por um pesquisador em educação; entrevistas em grupo com os alunos “calouros” das disciplinas introdutórias;

aplicação de questionários de avaliação do projeto pelos alunos; entrevistas com alunos repetentes no 2º período. O acompanhamento e observação das aulas permitiram: (i) aproximar pesquisadora e alunos para o estabelecimento de uma relação de confiança, permitindo as informações fluírem com maior facilidade; (ii) conhecer a dinâmica das aulas, a metodologia adotada por cada um dos professores, bem como o relacionamento entre os alunos e professores; (iii) confrontar as informações fornecidas pelos alunos entrevistados com as situações de sala de aula; (iv) ampliar o quadro de dados coletados relativos ao projeto.

### **5.1 Sobre a recorrência das dificuldades apresentadas pelos alunos (a fala do professor)**

Após primeiro bimestre de 2005.1, a observadora do projeto constatou que alguns problemas eram sempre enfatizados pelos professores, independentemente das turmas ou disciplinas. Ficaram evidenciadas as hipóteses *ad hoc* da equipe de professores relacionadas às maiores dificuldades enfrentadas pelos alunos. A seguir são expostas algumas observações, categorizadas a partir de sua recorrência em falas tanto dos professores como dos alunos em sala de aula.

- Dificuldade de Leitura e Compreensão: com frequência, os alunos partiam em busca de soluções sem traçar objetivo algum e sem compreender o propósito da questão. Apresentaram uma tendência à aplicação imediata de fórmulas, sem nenhum tipo de reflexão sobre os seus procedimentos.
- Dificuldade de Sistematização: os alunos encontravam muita dificuldade para sistematizar um procedimento, tanto em problemas de combinatória explícita, quanto em situações matemáticas, do tipo módulos e inequações. No segundo caso, a dificuldade foi ainda maior, mesmo tendo-se experimentado técnicas de representação (árvores, gráficos, desenhos..) trabalhados em problemas concretos.
- Dificuldade para fazer demonstrações, utilizar axiomas: os alunos apresentaram dificuldade para compreender que, só a partir de um conjunto de definições primitivas, podem ser estabelecidas novas definições. Frequentemente se utilizavam de informações derivadas de hipóteses não confirmadas.
- Falta de verificação e checagens: os alunos não avaliavam os resultados em termos de seu significado físico e consistência. Não comparavam e não se preocupavam com ordens de grandeza.
- Postura passiva e pouca autonomia: os alunos demonstravam pouca persistência na resolução dos exercícios, até mesmo quando estavam em laboratório (Física ou Informática), solicitando frequentemente a presença dos professores para fazer qualquer experimento. Em aulas em que eram solicitados a resolver exercícios sozinhos, muitas vezes trabalhavam pouco concentrados, ficando dispersos e perdendo de vista a proposta da atividade.
- Falta de análise e reflexão do processo de aprendizagem: nos laboratórios, observou-se que a maior parte dos alunos trabalhava por ensaio e erro, eventualmente alguns usavam antecipação e planejamento das ações. Mesmo podendo facilmente constatar uma resposta, muitos alunos tinham medo de errar e serem confrontados com o erro. Quando não atingiam o resultado esperado, a reação mais freqüente era ficarem frustrados, paralisados, ao invés de aproveitarem o erro, corrigi-lo ou sentirem-se desafiados para buscar novas soluções.
- Conceitos pouco elaborados no Ensino Médio: com frequência, os alunos traziam conceitos erroneamente ou precariamente assimilados no Ensino médio (divisão por zero; módulo; aproximação; dificuldade para trabalhar com literais, falta de percepção do significado físico da solução matemática dos problemas), o que instava os professores a reelaborarem tais aprendizagens.

- Dificuldade de expressão e justificativa: também pode ser observado que muitos alunos pensavam e se expressavam melhor utilizando imagens do que palavras, ou seja, o pensamento durante uma investigação pode ser não-verbal, mas acompanhado de imagens.
- Atitude “de cópia” dos alunos: durante a aula, era comum a prática da cópia de resoluções dos grupos mais “rápidos” pelos grupos mais “lentos”, como uma forma de sair de uma situação difícil. Esse dado pode ser um indicador do grau de dificuldade dos exercícios ou da postura dos alunos para superar obstáculos ou ambos. A fonte estimuladora das cópias pode estar não só no comportamento dos alunos, mas também nas estratégias inadequadas que o professor adota.

## 5.2 A fala dos alunos

A fala dos alunos foi tomada a partir de entrevistas e questionários. As entrevistas (áudio gravadas) foram realizadas em grupo, preservando o caráter informal de uma conversa, entre os alunos, a coordenadora do Ciclo Básico e a pesquisadora do projeto. Buscou-se criar um momento de reflexão prévio, de modo a levar obterem-se respostas mais conscientes. Tanto do 1º para o 2º semestre de 2005, quanto no ano seguinte, houve alguma mudança na opinião dos alunos relativa a determinados assuntos mas, de uma forma geral, os pontos principais se mantiveram.

Quanto ao questionário, foi adotado um modelo semi-estruturado, sem identificação do aluno. Em uma parte do questionário os alunos avaliavam seus níveis de “dedicação” e “dificuldade” em cada uma das disciplinas introdutórias, enumerando essas duas categorias de 1 (nenhuma) a 5 (extrema). A outra parte do questionário era aberta, com espaços para que se pudessem fazer comentários, críticas ou sugestões relacionados às disciplinas, aos professores, à metodologia, ou qualquer outro aspecto de interesse do aluno. Também foram abordadas as opiniões dos alunos em relação aos materiais e ao relacionamento entre as disciplinas.

Em 2006.1, foi adotada a mesma metodologia do ano anterior; contudo, foram implementadas algumas modificações no questionário e às entrevistas em grupo além da coordenadora do Ciclo Básico, e da pesquisadora em educação, juntou-se um professor de Introdução ao Cálculo, sem vínculos com a turma. O objetivo foi buscar respostas mais aprofundadas por parte dos alunos, uma vez que eles podiam relatar experiências sem necessariamente se identificarem.

Abaixo seguem algumas opiniões consideradas relevantes:

- Ementa: “O curso de Introdução ao Cálculo é muito “puxado”, com uma quantidade muito grande de matéria nova a cada aula e com excessivo rigor formal” (2005.1). “A matéria é muito “*corrida*” (34%, 2005.2).” “O professor de Cálculo explicava a matéria rápido demais”. “Nós nunca vimos o que está sendo dado; não adianta o professor cumprir a ementa, se os alunos não conseguem aprender.” “Se a uma disciplina é introdutória, o professor deveria ter um pouco mais de “*paciência*” com a turma”. Possivelmente, isto se deve ao fato de que, para fazer a integração com a disciplina de Introdução à Física, o curso de Introdução ao Cálculo também precisou alterar seu cronograma, apresentando alguns conteúdos que só seriam ministrados em Cálculo A. Este aumento do ritmo também pode ter ocasionado uma piora na avaliação dos professores de 2005.2. Em 2006 houve uma reelaboração da ementa e o ritmo das aulas deixou de ser um comentário com percentual de recorrência relevante.
- Metodologia do laboratório conceitual de Introdução a Física: “A professora não explica nada, só faz perguntas e quer que descubramos a resposta a partir da observação do fenômeno. Como eu não observo nada, não entendo nada, fico sem respostas”; “Eu pergunto, mas ela me responde com outra pergunta e eu acabo desistindo de entender. Tem alguns alunos que de

tanto que perguntam, ela acaba dando mais atenção e só atende a eles” (2005.1); “Precisamos de mais aulas expositivas” (2005.1). A partir dos resultados de 2005.1 a equipe procurou trabalhar o problema e percebe-se que, em 2005.2, houve uma melhora desta situação, apesar do assunto “falta de explicação teórica nas aulas” ainda levantar comentários. A estratégia foi incluir mais monitores em aula, e inserir com mais frequência alguns conceitos teóricos em sala de aula. Porém, a questão da dificuldade de não saber como estudar permaneceu recorrente.

“O laboratório de Introdução à Física ajuda a entender os conceitos físicos” (85%, 2006.1). Mesmo assim, “a metodologia usada no momento não é legal”. “O professor nunca parou para explicar nada para a gente. É o relatório e pronto”. “Os relatórios são melhores que os professores porque você é obrigado a estudar por conta própria. Com o professor, não se aprende nada”. Tais respostas dão a entender que os alunos acreditam nas possibilidades do laboratório, mas não da maneira que vem sendo conduzido. Em 2006.1, também passou a ser utilizado data-show para discussão e explicação de temas já trabalhados pelos alunos e pode observar-se que, pelo fato de já terem tentado resolver a situação-problema, a participação, demonstradas pelo número e a qualidade das perguntas feitas pelos alunos, é maior do que nas aulas expositivas em geral.

- Atitude de cópia: “O professor tem que dar mais atenção e dar uma boa explicação para os alunos, o que não acontece. Só há um relatório em cada aula e acredito que a preocupação do aluno é terminá-lo de qualquer jeito para ganhar uma nota. Então a maioria só copia, sem entender nada do que está fazendo”. “Eu apenas copiava os relatórios dos outros”(2005,1). Em 2006 foi feita uma mudança com relação aos relatórios. Os alunos recebem uma nota de conceito por resolver a situação problema. Os erros são corrigidos e comentados, sem que os alunos sejam penalizados. Reduziu-se o peso das notas de relatório na média, passando de 20% para 5%. Mas, apesar desta mudança, o número de alunos que preferem copiar não foi significativamente reduzido em relação aos semestres anteriores. O tema “cópia de relatório” tem sido amplamente discutido durante as aulas. Há resultados positivos, claramente observados na turma de repetentes. Nesta, a cópia foi praticamente eliminada, embora os alunos gostem de resolver os problemas em grupo. Percebe-se que, na maioria dos casos, os repetentes têm consciência de que é preciso trabalhar em sala para obter aprovação no curso. Isso foi dito por vários alunos, quando perguntados a respeito da questão.
- Dificuldade na utilização de uma linguagem de programação: “Eu prefiro apagar a tela e começar tudo outra vez do que ficar verificando os erros que o computador aponta”. “Seria muito mais útil ficar na sala de aula do que ir para o laboratório e ficar esperando eternamente até que o professor pudesse me atender e descobrir meus erros”. Em Introdução às Estruturas Discretas, as reclamações em relação ao *Maple* têm alta recorrência. Os alunos argumentam que não entendem as finalidades e objetivos desse programa, reclamam que não conseguem relacioná-lo à vida prática e, por isso, não sabem por que estão aprendendo esse conteúdo, além de apresentarem dificuldade na aprendizagem de uma linguagem de programação. Cerca de 11% dos alunos afirmaram ter grande dificuldade com os conteúdos da disciplina, principalmente com a programação. Entretanto, alguns alunos comentaram que conseguiram relacionar o *Maple* com conteúdos aprendidos em Cálculo, e utilizavam o programa para explorar e se aprofundar nestes conteúdos. Reitera-se que os alunos, tal como no laboratório de física, esperam que os professores ensinem os conteúdos e não que eles sejam instigados a descobrir por eles mesmos as respostas. As aulas teóricas, envolvendo noções de lógica, algoritmos e análise combinatória, foram consideradas fundamentais.



- Integração das disciplinas: “Percebo claramente que Física e Cálculo caminham juntas”, “Física e Cálculo tem vários conteúdos em comum, como Derivada, Integral, Funções e Movimento”, “o que estou gostando é que a matéria de Física e de Cálculo é a mesma”. Os alunos perceberam o relacionamento entre as disciplinas de Física e Cálculo nos diversos conteúdos comuns, e são bastante explícitos quando afirmam que as disciplinas terem tanto em comum facilita o aprendizado. Outro comentário frequente foi que o programa *Maple* permitia a análise de gráficos e funções ensinados na disciplina de Cálculo, facilitando o entendimento. Já Introdução às Estruturas Discretas foi lembrada como a matéria que não possui nenhum tipo de relação com as outras disciplinas. Ainda assim, um número significativo de alunos (13%, 2006.1) afirmou que todas as disciplinas estavam relacionadas. Já na questão fechada, cerca de 77% afirmaram que conseguem enxergar a relação entre algumas disciplinas introdutórias.
- Contextualização: “Não vejo aplicação do que é ensinado na minha futura carreira”. “A PUC deveria dar essa matéria com aplicações no dia-a-dia”. “Quais são os objetivos da disciplina Introdução às Estruturas Discretas e da aprendizagem de *Maple*?” “As aulas são fragmentadas e desconexas” (Introdução às Estruturas Discretas, 2005.2 e 2006.1). Apesar de ser uma das metas proposta para a nova metodologia adotada, um número significativo de alunos não entendeu “o porquê” de determinados conteúdos. Vale lembrar que nem sempre são trazidas para as aulas informações que possam contextualizar os conteúdos trabalhados: informações, histórias, explicações sobre o processo que originou determinada afirmação ou conceito, ou ainda, exemplificações que possam ajudar os alunos a entenderem como e quando utilizarão determinados conhecimentos no exercício da profissão que escolheram.
- Materiais didáticos: “Não tem livro teórico, nem referência, nem exercícios e nem matéria para estudar para a prova” (Introdução à Física, 2005.1); “O livro texto é ruim, seus exercícios são muito difíceis”, “muitos livros têm ordem e aprofundamento diferentes. Acho que seria melhor se nos indicassem um livro só e não vários” (Introdução ao Cálculo, 2005.1 e 2006.1.) Para as três disciplinas envolvidas no projeto, a crítica relativa ao material didático foi a que apresentou o maior índice de ocorrências, aconteceram muitos comentários nos quais os alunos se queixavam de não ter como estudar para as aulas de Física e de Estruturas Discretas, sendo que nesta a questão principal era a dificuldade de ter o software em casa. No questionário aplicado em 2005.2, os alunos reafirmaram suas queixas, porém em relação aos exercícios propostos em Cálculo, essas críticas praticamente desaparecem, pois foram elaboradas listas de exercícios complementares. Apesar das críticas em relação aos relatórios de Física no ano de 2005, em 2006 houve uma grande parcela dos alunos que elogiaram os relatórios. Cerca de 10% deles apontaram especificamente o relatório como um ótimo material didático, já que suas explicações são claras e eles ajudam bastante na hora de estudar para a prova.
- Avaliação: “A correção das provas é muito rigorosa” (16%, 2006). “Os professores dão pouca pontuação nas questões em que se acerta o desenvolvimento, mas se erra na resposta.” “A correção é cruel. A gente faz o raciocínio certo, erra um sinal e perdemos quase toda a questão.” (Introdução ao Cálculo)  
Em Introdução a Física a tônica foi como transferir os conhecimentos adquiridos no laboratório para a prova: “Na aula fazemos experiência e medidas, na prova pedem para que agente imagine, não consigo imaginar, só sei pensar em cima dos materiais concretos. Se na aula a bolinha rola para o lado direito e na prova pede uma resposta pedindo que se imagine a bola rolando para o lado esquerdo, eu não tenho a menor idéia do que vai acontecer.” Possivelmente a confusão da aluna vem de tentar encaixar uma situação simples (queda livre) numa mais complexa (rolamento) conhecida por ela do ensino médio.

Durante a entrevista coletiva, quase a totalidade dos alunos de 2006 ressaltou que as provas, agora realizadas de 15 em 15 dias, são uma grande motivação para estudar continuamente. Assim, essas avaliações constantes são muito bem recebidas pelo corpo discente. Esse fato se reflete nas respostas encontradas nos questionários. Por exemplo: “Este sistema de provas de 15 em 15 dias é bom porque você tem muitas chances de recuperar sua nota, além de ser obrigado a estudar constantemente”. Ou ainda: “É bom porque você não perde o ritmo. E fazemos a prova com o que aprendemos há pouco tempo, não com o que vimos muito tempo antes da avaliação”.

- Autocrítica: “Eu assistia à aula, não entendia nada e quando chegava em casa não tinha a menor vontade de tocar naquele material. Pensava, para que vou estudar isso, não entendo nada mesmo!”. Alguns alunos fizeram uma espécie de autocrítica, assumindo a responsabilidade por suas dificuldades considerando seu próprio (des)interesse, dedicação aos estudos em casa, deficiências trazidas do Ensino Médio e na falta de atenção ao fazer os exercícios.

## 6 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO PROJETO

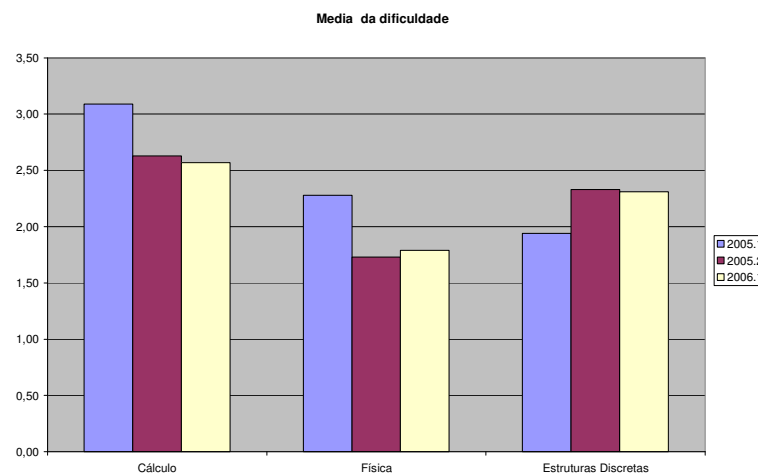


Figura 1. Média das dificuldades dos “calouros” de 2005-1, 2005-2 e 2006.1.

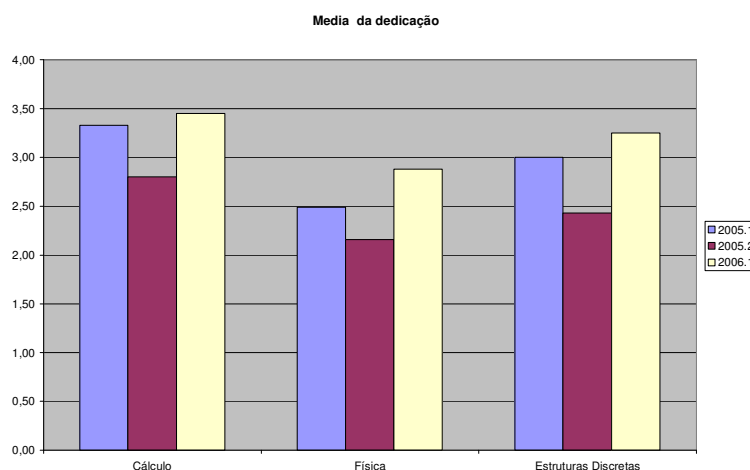


Figura 2. Média da dedicação dos “calouros” de 2005-1, 2005-2. e 2006.1.

### 6.1 Resultado dos novos itens avaliados de 1 a 5 no questionário de 2006.

Utilizando a parte fechada do questionário (aquela cujas respostas foram numeradas de 1 a 5), foi possível montar, através do valor atribuído pelos alunos a cada resposta, os histogramas das figuras 1 e 2. Eles descrevem as respostas de alunos de semestres consecutivos, no período estudado. Observa-se (Fig 1) que a disciplina Introdução ao Cálculo é aquela a qual os alunos, independentemente do período, atribuem o maior grau de dificuldade, embora este tenha apresentado uma tendência de queda ao longo do tempo. Esta tendência de queda repete-se no curso de Física. Não houve esta mesma tendência para a disciplina de Estrutura Discreta. Em relação à dedicação (Fig 2), nota-se o mesmo comportamento, para as três disciplinas, ao longo do tempo. Ou seja, a dedicação é fortemente influenciada pela turma em estudo. A maior dedicação deu-se em relação a disciplina de cálculo, em coerência com o resultado da Fig 1, onde a disciplina foi apontada como de maior dificuldade. Os alunos comentaram que a maior dedicação a esta disciplina deve-se à dificuldade de compreendê-la, ao conteúdo muito extenso, porque a consideram fundamental para o curso que escolheram. Em parte, a maior facilidade relatada quanto à disciplina de Introdução à Física se deve ao fato de que, para alguns alunos, o seu conteúdo já havia sido visto no Ensino Médio. Vale notar que a maior parte dos alunos que avaliaram sua dedicação como baixa, argumenta que não sabe administrar o tempo para os estudos, ou porque, ao não conseguirem compreender os conteúdos em sala, também não conseguem estudar sozinhos em casa.

O questionário também avaliou, quantitativamente, os itens *metodologia de ensino, avaliações, material didático, relacionamento professor-aluno e participação do(s) monitor(es)*. A tabela 1 mostra os valores médios encontrados, considerando-se que os alunos deram notas de 1 a 5 para cada um deles. Em primeiro lugar, observa-se que os cursos foram criticamente avaliados, pois nenhum dos cursos, em nenhum dos itens obteve média acima de 4. Esta postura crítica é interessante, pois aumenta a robustez dos dados obtidos, mostrando terem estado os alunos atentos às questões relevantes para eles. Concentrando-se naqueles itens que mereceram pior avaliação (média abaixo de 3). A baixa avaliação do material didático de cálculo é coerente com as críticas referidas acima. O mesmo se aplica a metodologia de ensino do curso de física. A baixa nota atribuída aos monitores, nas disciplinas de Física e Estruturas Discretas pode ser atribuída ao seu preparo insuficiente para lidar com as dificuldades do grupo no trabalho de laboratório, característico dessas duas disciplinas.

Tabela 1.

	Cálculo	Física	Estrutura Discretas
Metodologia de ensino	3,19	2,87	3,35
Avaliações	3,09	3,25	3,26
Material didático	2,59	3,04	3,21
Relacionamento professor-aluno	3,54	3,14	3,86
Participação do(s) monitor(es)	3,31	2,93	2,48

## 6.2 Indicadores de avaliação do projeto

Como colocado no início, o objetivo do projeto foi aumentar o sucesso (medido em % de aprovação) dos alunos de menor rendimento no vestibular, na disciplina de Física A, aquela que se sucede imediatamente após as disciplina introdutória de Física. Assim sendo, foi organizada a série histórica do % de aprovação geral nesse curso, mostrada na figuras 3. Embora seja uma série com um número de dados relativamente pequenos, pode-se verificar um patamar em torno 40% de aprovação antes da introdução do projeto, passando a 60% após sua introdução, sem que houvesse qualquer mudança no nível de dificuldade das avaliações desta disciplina. Este é um indicador de que, pelo menos parcialmente, os objetivos do projeto

foram alcançados, embora as avaliações pelos alunos e professores indiquem que ainda muito possa ser melhorado.

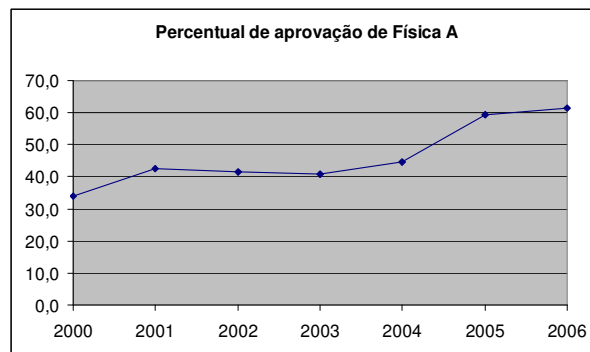


Figura 3.

### 6.3 O trabalho da equipe

Observaram-se as dificuldades esperadas de um trabalho com uma equipe interdisciplinar: dificuldade de adoção de uma nomenclatura comum, a descoberta de visões diferenciadas de um mesmo conceito, dificuldades mesmo de se definirem ementas, dada a constante necessidade de busca de um equilíbrio e sincronia entre o fluxo de matéria de uma disciplina com as outras.

Ao constatarem a dificuldade dos alunos em adaptar-se à proposta metodológica, a qual exige participação ativa nas aulas, alguns professores comentaram “é difícil para o aluno e para o próprio professor, que também está mais acostumado com aulas expositivas”. Alguns professores acreditam que “os alunos ainda não têm maturidade nessa fase para acompanhar um curso que exige deles participação”, enquanto outros julgam que apesar do esforço, “vale a pena continuar com a metodologia, que tem aspectos positivos, exigindo maior participação do aluno”. Outra dificuldade relatada pela equipe está relacionada à elaboração de material didático adequado para o projeto, o que se refletiu na fala do aluno também. O material didático teve que ser redefinido ou reelaborado, dada a inexistência de materiais adequados ao à metodologia do experimento, e este deve ser um ponto a ser enfrentado para seu seguimento com maior sucesso.

## 7 CONCLUSÃO

A análise dos resultados trazidos pelos instrumentos de avaliação do projeto permite afirmar que os alunos participantes perceberam as relações existentes entre os conteúdos das disciplinas que foram trabalhadas de forma integrada, e que a conscientização desta integração facilitava a absorção desses mesmos conceitos. A aprendizagem foi assim tornada mais significativa, o que certamente contribuiu para que estes alunos levassem com mais facilidade estes conceitos para as disciplinas subseqüentes do curso, com notável melhoria do % de aprovação. Houve evidente resistência em relação à metodologia empregada, que demandava dos alunos uma postura mais ativa frente à aprendizagem, dada a opção da equipe de retirar o professor do centro do processo de ensino-aprendizagem, passando o foco central para o problema e para a postura do aluno frente a ele. A mudança para uma atitude mais ativa por parte dos alunos terminou por se dar, mas à custa de um grande esforço de coerência da equipe frente à metodologia. Não se pode afirmar que, mesmo ao final do período, os alunos tenham passado a gostar deste seu novo papel. Na verdade, tudo o contexto atual contribui para que o processo de ensino aprendizagem se dê nos moldes tradicionais de sempre, e vencer as dificuldades internas e externas neste processo de inovação é um desafio permanente, até por colocar o professor na posição do aluno, uma vez que ele não é o *expert* em todas as disciplinas envolvidas. Apesar de muitas das expectativas em relação ao projeto

terem sido alcançadas, muitas lacunas foram apontadas pelos alunos e reconhecidas pela equipe, e que ainda precisam ser superadas.

## AGRADECIMENTOS

À equipe envolvida no projeto: Professores Carla Gobel, Carlos Tomei, Cristine Sertã, Gilda de la Roque, João B. Pitombeira, Luciana Arruda, Luiz Fernando Conrado, Marcelo Jimenez, Silvana Marini, Therezinha da Costa, Waldemar Monteiro, Welles A.M. Morgado.

Às Mestrandas do Departamento de Educação da PUC-Rio, Sabrina Barbosa Garcia de Albuquerque e Josy Fischberg.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANSFORD,.; SHERWOOD, HASSELBRING, KINZER WILLIAMS. Anchored instruction: Why we need it an why technology can help. In D. Nix & R. Spiro (Eds.), **Cognition, education & multimedia: exploring ideas in high technology**, p. 163-205. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1990

ELLERMEIJER, A.L. & HECK. **Differences between the use of mathematical entities in mathematics and physics and the consequences for an integrated learning environment.** In: SEMINÁRIO GIREP, 2001, Udine.

MCKENNA, A. et al. **A Framework for Interpreting Students' perceptions of an Integrated Curriculum.** In: PROCEEDINGS OF THE 2001 AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION COPYRIGHT, 2001, American Society for Engineering Education

IZATT, CORDES, HOPENWASSER, LAURIE, PARKER., 1995, **Integração do currículo no 1º ano do curso de engenharia Encontro da Associação americana dos professores da física**, Universidade de Gonzaga, Spokane, Washington, agosto 7-12, 1995.

PARKER, CORDES, HOPENWASSER, IZATT, LAURIE, NIKLES, 1995, “**Integração do currículo no 1º ano na universidade de Alabama - Programa da Fundação de Coalizão**” ASEE/IEEE,1995

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D, HANESIAN, HELEN. **Psicologia educacional.** Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda, 1980.

BRUNER, J.S. **Uma Nova Teoria da Aprendizagem.** Rio de Janeiro: Ed. Bloch, 1976.

BRUNER, J. **Savoir faire, savoir dire.** Paris: PUF, 1983

MOREIRA, M.A. & BUCHWEITZ, B. (1993). **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o vê epistemológico.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

NOVAK, J.D. GOWIN, D.B. (1996) **Aprender a aprender.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

DENARDI, R. M.; DIMURO, G. P.; FAGUNDES, A. A. C.; LESSA, M. A. F. **Laboratório Computacional de Física: uma Experiência de Ensino Integrado de Matemática Numérica e Física em Engenharia.** In: XXVII CONFERENCIA LATINOAMERICANA DE

INFORMATICA, 2001, Ciudad de Mérida. Memorias. Ciudad de Mérida: Universidad de Los Andes, 2001. **Anais XXVII CLAI**, p. 1-12.

PARISE, CALIXTO, VILELA **Ações Mitigadoras do insucesso discente**. COBENGE 2005

## **CURRICULUM INTEGRATION OF DISCIPLINES FROM FIRST PERIOD OF AN ENGINEERING COURSE**

**Summary:** *This work shows the preliminary results of an experience with curriculum integration of disciplines of first period of Physics, Calculus and Computer science of the Center for Sciences and Technology of the PUC-RJ. Recent researches indicate that an analysis of the current panorama of the education of engineering in Brazil allows detecting some relevant aspects: segmented curricular structure, inadequate to a holistic vision of the learning, associated to a teaching/learning model that is mechanist and centered on the professor, bringing as a consequence the lack of motivation, successive failures and evasion. The proposal presented in this work assumes the review of this model, with the following objectives: presenting to the pupil an integrated vision of the scientific language with its applications, improving the pupil's preparation for the Engineering course through an integrated vision of basic sciences; preparing professors for an education methodology change that is intended to reach in the future in a more integrated way than it is nowadays, sharing knowledge and teaching experience among professors of distinct areas; exploring a more updated teaching technology, for example, involving symbolic mathematics programs and visualization techniques that are currently available but still has little use, to introduce the laboratory of physics in order to learn of the basic scientific concepts.*

**Key-words:** *Curricular integration, cooperative learning, methodology integrated teaching, Maple software.*